

Kajian Masalah Pemendapan Parafin (Bahagian II) : Pencirian Minyak Mentah Berlilin Malaysia

**Zulkafli Hassan
Abd. Aziz Abd. Kadir
Mohd. Fauzi Hamid
Jabatan Kejuruteraan Petroleum**

Abstrak

Pemendapan pepejal yang secara umumnya dikenali sebagai pemendapan parafin merupakan masalah yang dihadapi semasa proses pengeluaran minyak di lapangan, khususnya pada telaga yang menghasilkan minyak mentah berlilin. Masalah ini membabitkan kos operasi yang besar setiap tahun untuk diatasi. Kaedah untuk merawat dan menghalang pemendapan banyak bergantung kepada faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemendapan itu sendiri. Pengetahuan yang luas tentang ciri-ciri minyak mentah berlilin dapat membantu dalam proses peramalan, perawatan dan rekabentuk sistem pengeluaran yang sesuai supaya masalah pemendapan tersebut dapat ditangani atau diuruskan dengan lebih berkesan. Laporan ini membincangkan keputusan beberapa ujikaji makmal terhadap ciri-ciri minyak mentah berlilin. Kajian ini telah dijalankan dengan menggunakan empat sampel minyak mentah yang diperolehi dari lapangan minyak di Malaysia.

Pengenalan

Pemendakan dan pemendapan parafin merupakan satu dari masalah yang dihadapi semasa operasi pengeluaran minyak mentah di lapangan. Masalah ini boleh ditakrifkan sebagai keadaan di mana pemendapan bahan yang sebahagian besarnya organik menghalang pengaliran minyak yang berkesan melalui sistem pengeluaran. Pemendapan parafin biasanya berlaku pada telaga minyak yang mengeluarkan minyak mentah berlilin (waxy crude) dan boleh terbentuk pada ruang pori batuan reservoir pada talian aliran, tetiub pengeluaran dan peralatan permukaan [1,2]. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi jumlah pemendakan seperti suhu, tekanan, kadar alir, rejim aliran dan sebagainya [3-8].

Mendapan atau deposit yang terbentuk menyebabkan halangan terhadap aliran minyak untuk bergerak dari dasar telaga ke permukaan. Ini ialah kerana garis pusat berkesan bagi laluan minyak telah menjadi sempit. Pembentukan mendapan pada ruang pori pula akan mengurangkan ketertelapan reservoir yang sukar untuk dirawat. Masalah ini menyebabkan kadar pengeluaran minyak jatuh yang bermakna pulangan dari operasi pengeluaran akan berkurangan.

Selain dari itu sejumlah besar kos operasi perlu dibelanjakan untuk melakukan kerja seram (workover) dan perawatan kimia yang bertujuan untuk merawat telaga yang bermasalah. Secara amnya, kaedah untuk merawat masalah pemendapan boleh diberikan kepada tiga iaitu kaedah mekanikal, kaedah termal dan kaedah kimia. Bagaimanapun pemilihan kaedah yang sesuai untuk sesuatu keadaan bergantung kepada faktor-faktor yang mempengaruhi pemendapan dan ciri-ciri minyak mentah berlilin itu sendiri. Kajian literatur [9-12] menunjukkan bahawa pengetahuan terhadap ciri-ciri minyak mentah berlilin boleh membantu dalam memberikan maklumat awal yang dapat digunakan untuk mengurangkan masalah yang bakal dihadapi dengan lebih berkesan.

Kajian yang dijalankan ini bertujuan menentukan ciri-ciri minyak mentah dari lapangan minyak Malaysia yang dilaporkan menghadapi masalah parafin dan cuba mendapatkan satu tren mengenai sifat

sifat fizikal minyak mentah berililin.

Komponen Mendapan Parafin

Hidrokarbon parafin adalah sebatian organik tertepu berantai lurus dengan formula empiriknya C_nH_{2n+2} . Komponen utama pemendapan ialah lilin parafin (50% ke 70%) dan selebihnya ialah minyak mentah dan pepejal bendasing yang terperangkap [13]. Istilah lilin di sini merujuk kepada hidrokarbon parafin yang mempunyai berat molekul di antara 300 ke 1000 (C_{20} hingga C_{70}) dengan takat lebur sekitar $120^{\circ}F$ [14-16].

Mekanisme Pemendapan

Pemendapan dan pemendakan parafin adalah satu contoh masalah keseimbangan cecair-pepejal yang boleh diterangkan dengan prinsip termodinamik larutan di mana komponen minyak yang ringan (light ends) bertindak sebagai pelarut kepada komponen-komponen yang lebih berat (heavier ends) [1]. Secara mudahnya, komponen hidrokarbon yang berat akan terkeluar dari larutan minyak sekiranya berlaku sebarang perkara yang akan mengurangkan kemampuan minyak tersebut untuk mengekalkan komponen berat di dalam larutan. Suhu reserbor biasanya lebih tinggi dari takat genting untuk beberapa komponen ringan seperti metana, etana dan propana. Pada keadaan reserbor di mana tekanan dan suhu adalah tinggi, komponen yang ringan berada di dalam larutan dan ia bertindak sebagai pelarut untuk komponen yang berat. Minyak akan mengalami kejatuhan suhu dan tekanan semasa bergerak dari reserbor ke permukaan melalui telaga. Ini akan menyebabkan komponen-komponen ringan terlepas dari larutan dalam bentuk gas dan akibatnya kesan larutan terhadap komponen-komponen yang berat akan berkurangan. Sistem minyak akan tertepu dengan komponen berat ini sehingga ke satu tahap di mana komponen ini akan keluar dari larutan sebagai hablur lilin yang akan berkumpul dan merekat kepada permukaan tetiub pengeluaran. Biasanya hablur yang terkeluar dari larutan tidak akan menimbulkan masalah pemendapan selagi ia kekal bersendirian tetapi kehadiran bendasing seperti asfaltin yang berwujud pepejal terampai dalam minyak akan bertindak sebagai nukleus dan menyebabkan hablur lilin tersebut berkumpul lalu mendak [17].

UJIKAJI

Analisis melibatkan ujian terhadap empat sampel minyak mentah berililin dari lapangan minyak Malaysia iaitu dari Semangkok, Irong Barat, Tembungo dan St. Joseph. Sampel ini merupakan sampel 'mati' iaitu diperolehi pada keadaan ambient (suhu dan tekanan permukaan). Ciri-ciri minyak mentah yang dikaji kebanyakannya berdasarkan kepada piawaian ASTM [18]. Ciri-ciri ini termasuklah:

1. Takat beku
2. Takat lebur
3. Takat awan
4. Takat tuang
5. Kekuatan alah dan takat gel
6. Kelikatan
7. Komposisi C_{18+}

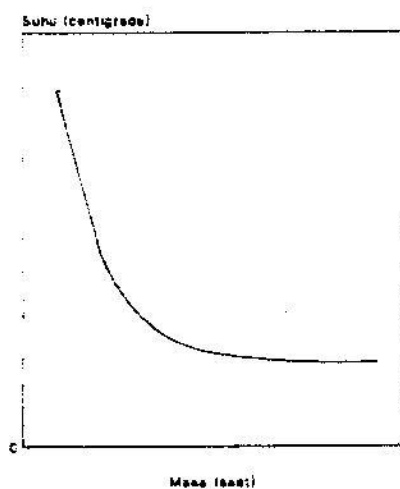
Penentuan takat beku dilakukan mengikut kaedah ASTM D2386 yang mentakrifkan takat bek sebagai suhu apabila hidrokarbon membentuk hablur semasa proses penyejukan. Ujikaji ini bertujuan menentukan suhu penghabluran sampel.

Kaedah ASTM D87-77 diubahsuai bagi menjalankan ujikaji takat lebur. ASTM mentakrifkan takat lebur sebagai suhu apabila sampel yang pada mulanya dipanaskan menunjukkan kadar perubahan suhu yang minimum semasa disejukkan iaitu apabila lengkung penyejukan mendatar (Rajah-1).

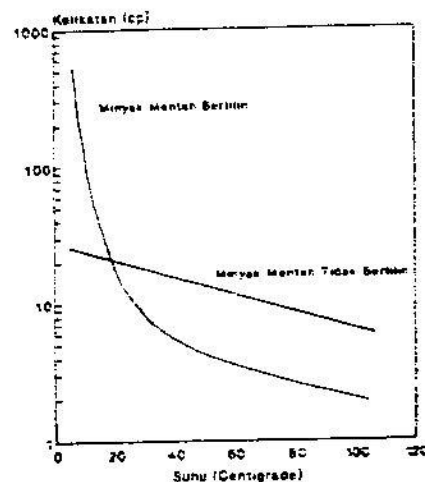
Takat tuang ditentukan mengikut ASTM D97-66. Takat tuang adalah suhu yang paling rendah di mana sampel minyak diperhatikan mengalir. Dalam ujikaji ini, sampel mulanya dipanaskan dan kemudian disejukkan pada keadaan yang dikawal dan diperiksa dalam sela suhu 3°C (5°F).

ASTM D2500-66 pula mentakrifkan takat awan sebagai suhu di mana awan atau jerebu hablur lilin mula wujud semasa sampel di sejukkan. Sampel disejukkan dalam sela suhu 1°C (2°F) dan diperiksa dari semasa ke semasa. Suhu di mana awan hablur lilin mula kelihatan pada dasar bekas ujikaji dicatat sebagai takat awan sampel. Bagaimanapun, memandangkan keempat-empat sampel berwarna gelap, penentuan takat awan tidak dapat ditentukan secara visual tetapi dianggar berdasarkan kepada takat tuang [9].

Kekuatan gel dan takat alah sampel ditentukan dengan menggunakan alat Rotating Viscometer. Kelikatan dinamik pula ditentukan dengan alat Haake Viscometer untuk julat suhu antara suhu bilik (24°C) sehingga 80°C . Rajah-2 menunjukkan hubungan antara suhu dan kelikatan [12] untuk minyak mentah berlilin dan minyak mentah tidak berlilin.



Rajah-1 Lengkuk Penyejukan
(ASTM D87-77)



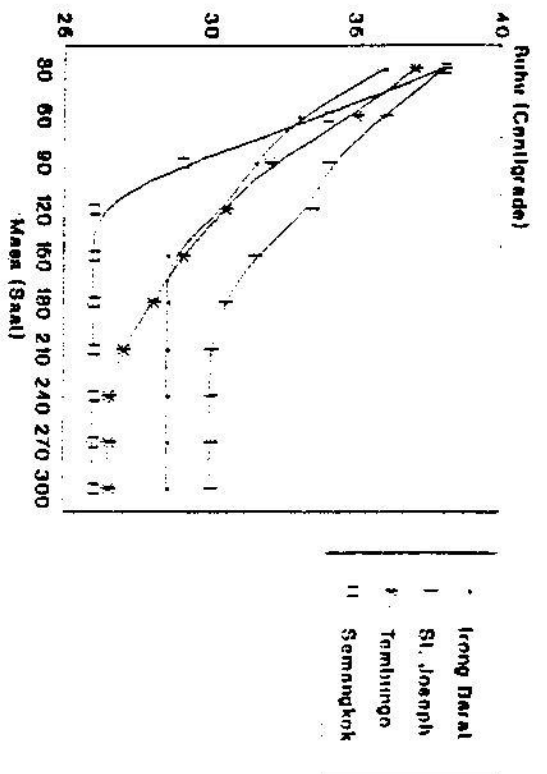
Rajah-2 Hubungan Suhu Kelikatan

Kandungan komponen hidrokarbon berat (C_{18+}) yang dijangka membentuk mendapan parafin dilakukan mengikut kaedah penyulingan (ASTM D86). Sampel dipanaskan sehingga 308°C iaitu takat didih komponen C_{18+} sepertimana yang disebutkan dalam literatur [14,15].

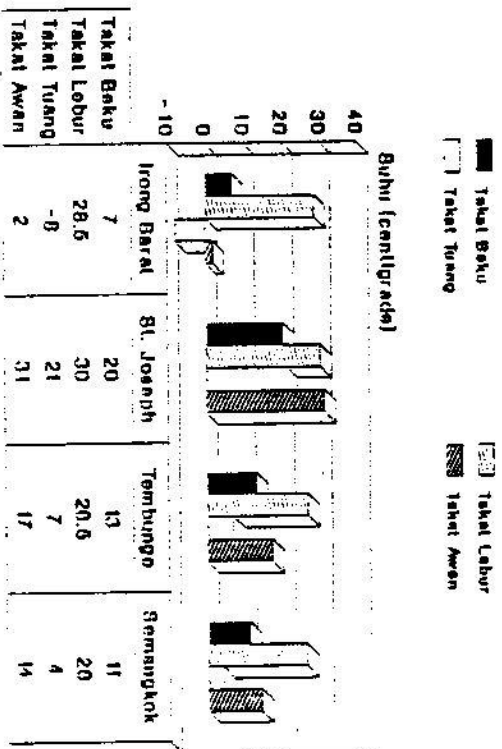
Keputusan

Rajah-3 menunjukkan graf lengkung ujikaji takat lebur untuk keempat-empat sampel. Secara amnya, kesemua lengkung sampel menuruti tren sebagaimana yang diberikan oleh ASTM (Rajah-1). Sampel St. Joseph menunjukkan nilai takat lebur yang paling tinggi dengan 30°C diikuti oleh sampel Irong Barat (28.5°C), Tembungo (26.5°C) dan Semangkok (26°C).

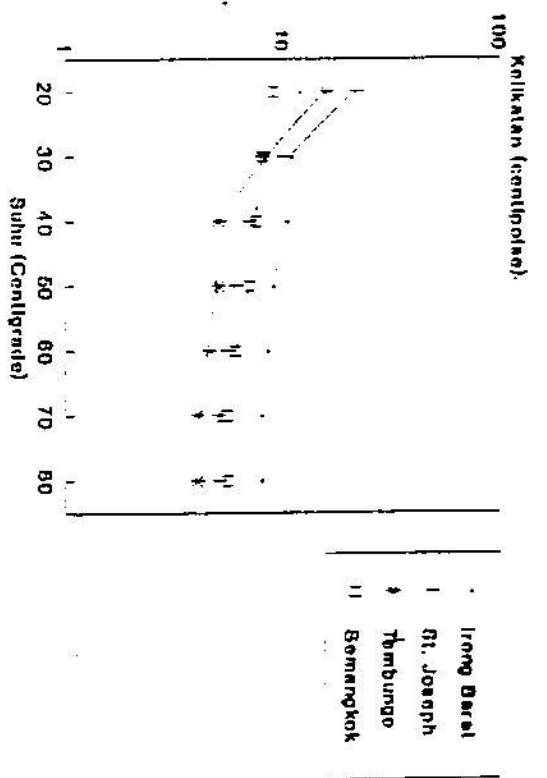
Keputusan ujikaji terhadap kelikatan melawan suhu (Rajah-4) menunjukkan bahawa sampel St. Joseph dan Tembungo mempamerkan lengkung minyak mentah berlilin yang lebih ketara berbanding



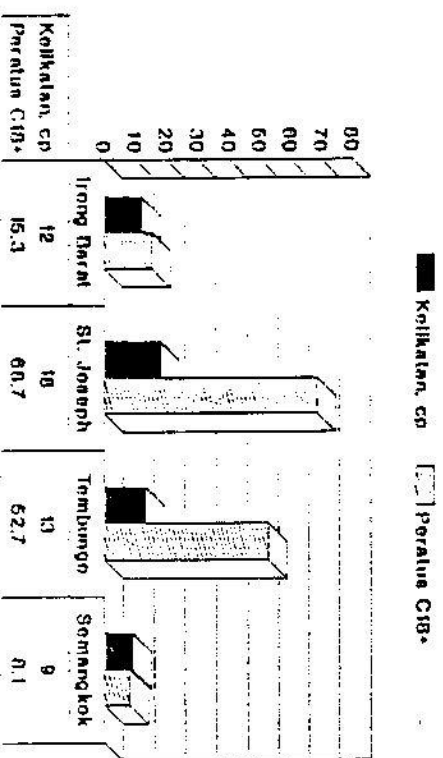
Rajah-3 Lengkung Penyjukan (Ujika Takal Lebur)



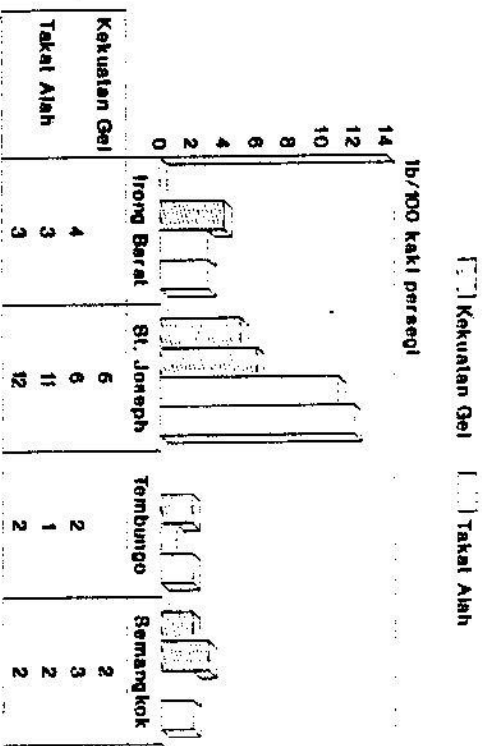
Rajah-5 Ciri-ciri Fizikal Sampel Minyak Mentah



Rajah-4 Lengkuk Kelikatan Sampel Minyak



Rajah-6 Kelikatan dan Peraturan C18+



Rajah-7 Kekuatan Gel dan Takat Alah

dengan sampel Irong Barat dan Semangkok.

Rajah-5 adalah berupa carta bar yang membandingkan keputusan untuk ujikaji takat lebur, takat tuang, takat awan dan takat beku sampel. Seperti yang dijangka, sampel St. Joseph memberikan bacaan yang paling tinggi untuk kesemua ujikaji. Kecuali untuk takat lebur, sampel Irong Barat memberikan bacaan yang paling rendah.

Rajah-6 pula memberikan nilai kelikatan dan peratus komponen berat (C18+) untuk sampel. Kelikatan sampel St. Joseph (18 cp) dan Tembungo (13 cp) adalah lebih tinggi dari nilai kelikatan untuk sampel Semangkok (9cp) dan Irong Barat (12 cp). Tren yang sama juga diperolehi untuk peratus komponen C18+ dengan sampel St. Joseph memberikan bacaan yang paling tinggi (68.7%) dan sampel Semangkok memberikan bacaan yang paling rendah (8.1%). Nilai peratus C18+ untuk St. Joseph adalah agak tinggi tetapi perlu diberi perhatian bahawa peratusan ini bukan sahaja terdiri dari komponen parafin malah termasuk juga sebarang bendasing seperti asfaltin dan sebagainya yang mempunyai takat didih lebih dari 308°C.

Rajah-7 memberikan keputusan ujikaji kekuatan gel dan takat alah. Pada keadaan bilik (25°C), sampel Irong Barat dan sampel Tembungo tidak memberikan sebarang nilai. Hanya apabila ujikaji dilakukan pada suhu yang lebih rendah (sekitar 20°C-30°C) barulah ujikaji tersebut mendapatkan bacaan. Bagaimanapun, sepertimana biasa sampel St. Joseph memberikan bacaan yang paling tinggi.

Perbincangan

Daya ikatan antara molekul bertambah dengan berat molekul. Ini bermakna takat lebur molekul akan turut meningkat memandangkan proses peleburan perlu mengatasi daya-daya ikatan antara molekul sebelum pepejal parafin dapat bertukar kepada fasa cecair. Bagaimanapun, pertambahan takat lebur parafin adalah tidak sekata kerana daya ikatan antara molekul turut bergantung kepada susunan hablur. Ini mungkin dapat menerangkan mengapa sampel Irong Barat memberikan bacaan yang lebih tinggi dari sampel Tembungo. Sekiranya diperhatikan kepada masa yang diambil untuk mencapai takat peleburan (perubahan suhu yang minimum) sampel St. Joseph dan Tembungo memerlukan masa yang lebih panjang (sekitar 240 saat). Keputusan ini adalah selari dengan keputusan peratus kandungan C18+. Masa yang lebih panjang diperlukan untuk melebur sampel yang mempunyai kandungan komponen berat yang tinggi.

Takat awan, yang menandakan suhu di mana jerebu lilin mula diperhatikan merupakan kriteria asas yang penting dan selalu digunakan untuk mengenalpasti masalah yang berkaitan dengan lilin parafin. Minyak yang mempunyai takat awan yang tinggi dijangka menghadapi masalah parafin yang lebih serius. Dalam keadaan praktikal, operasi pengeluaran seharusnya dijalankan pada suhu yang lebih tinggi dari takat awan minyak bagi mengelakkan pemendakan hablur yang berkemungkinan untuk mendak. Satu contoh yang berkaitan ialah semasa penggunaan kaedah terma yang dikenali sebagai 'hot oiling' untuk mencairkan mendapan yang terdapat pada dinding telaga. Sekiranya, suhu takat awan minyak yang disuntik adalah lebih tinggi dari suhu dasar telaga, pemendakan lilin dari minyak suntikan boleh berlaku dan menyumbat ruang-ruang pori batuan reserbor

Berdasarkan kepada keputusan ujikaji, kesemua sampel mempunyai takat awan yang agak rendah dan potensi untuk berlakunya pemendapan pada dinding telaga adalah kurang kerana suhu aliran lazimnya lebih tinggi. Bagaimanapun, dalam keadaan sebenar pemendapan di lapangan tetap berlaku akibat dari gabungan beberapa pengaruh fizikal dan kimia. Setelah aliran minyak melewati permukaan telaga dan melalui peralatan permukaan dan talian paip, pemendapan dijangka berlaku kerana suhu dasar laut di mana talian paip ditempatkan adalah rendah dari 31°C.

Takat tuang mencerminkan julat suhu di mana minyak bersifat Newtonian. Pada suhu yang

rendah, penghabluran lilin parafin akan menyebabkan minyak membentuk gel. Takat tuang tidak memberikan petunjuk secara terus tentang kemungkinan pembentukan lilin parafin tetapi sebaliknya menggambarkan kesan pemendapan terhadap ciri kebolehaliran minyak.

Seperti ujikaji untuk takat tuang, ujikaji kekuatan gel dan takat alah sebenarnya tidak memberikan gambaran secara terus terhadap masalah pemendapan parafin, tetapi adalah ciri penting untuk meramal masalah kebolehaliran dan pengepaman minyak semasa penghantaran melalui talian paip di dasar laut.

Kesimpulan

Keputusan ujikaji ke atas sifat-sifat fizikal minyak mentah telah dikenalpasti sebagai kriteria pengelasan yang penting untuk mencirikan minyak mentah berlilin. Kesemua ujikaji yang telah dijalankan didapati sangat berguna untuk mengenalpasti darjah keterukan masalah pemendapan yang mungkin dihadapi.

Sampel minyak dari lapangan St. Joseph dan Tembungo mempamerkan ciri mentah berlilin yang lebih ketara berbanding dengan sampel dari Irong Barat dan Tembungo. Lapangan St. Joseph dan Tembungo dilaporkan mengalami masalah pemendapan lilin yang lebih serius daripada lapangan Semangkok dan Irong Barat.

Mekanisma pemendapan parafin perlu difahami dengan lebih jelas supaya usaha untuk menangani masalah pemendapan, merencanakan sistem pengeluaran dan memilih kaedah perawatan dapat dilakukan dengan lebih berkesan. Pembentukan lilin dapat diramal dengan baik sekiranya analisis komposisi minyak mentah dan lilin dilakukan dengan lebih terperinci sekurang-kurangnya dari C₇ dan ke atas dan bukan sekadar penentuan peratus berat kandungan C₁₈₊ seperti yang telah dijalankan. Analisis taburan Parafin/Naftin/Asfaltin (PNA) dan taburan berat molekul juga tidak kurang pentingnya kerana ia mempengaruhi ciri-ciri pemendapan yang berlaku.

Rujukan

1. Carnahan, N. F., Paraffin Deposition in Petroleum Production, Jour. Pet. Tech., Okt. 1989, 1024-1025.
2. Jorda, R.M., Paraffin Deposition and Prevention in Oil Well, Jour. Pet. Tech, Dec. 1966, 1605-1612.
3. Hunt, E.B, Laboratory Study of Paraffin Deposition, Jour. of Pet. Tech., Nov. 1962, 1259-1269.
4. Patton, C.C dan Jessen F.W., The Effects of Petroleum Residual on Paraffin Deposition From a Heptane-Refined Wax System, Petroleum Transactions, AIME, Vol 234, 1965, p. 333.
5. Cole, R.J. dan Jessen, F.W., Paraffin Deposition, Oil and Gas Journal, Sept 1960, 87-90.
6. Patton, C.C dan Casad, B.M., Paraffin Deposition From Refined Wax-Solvent System, Jour. Pet Tech, March 1970, 27-34.
7. Bott, T.R. dan Gudmundsson J.S., Deposition of paraffin Wax from Flowing System, Institute of Petroleum, 1978.
8. Haq, Mohamed A., Deposition of Paraffin Wax from its Solution with Hydrocarbons, SPE 10541, 1982.
9. Tufle, R.W., High Pour Points and Asphaltic Crude Oil and Condensate, Jour. Pet. Tech., Jun 1983, 1192-1196.

10. Sifferman, T. R., Flow Properties of Difficult to Handle Crude Oil, Jour. of Pet. Tech, August 1979.
11. Majeed, A et. al, Model Calculates Wax Deposition for N. Sea Oil, Oil and Gas Journal, June 1990, 63-69.
12. Shell International Oil Company, The Use of Fluidity Improvers in Waxy Crude Oil Transportation, 1987.
13. Allen, T.O. dan Robert, A.P., Production Operation, Vol. 2, ms.11-18, Oil & Gas Consultants International Inc, Tulsa, 2nd Edition, 1979
14. Freund, M et al., Paraffin Products, Elsevier Science Publishing Company Inc, New York, 1982.
15. Streitweiser, A., Introduction to Organic Chemistry, 1976.
16. Exxon Production Research Company, Overview of Production Engineering, Texas, 1986, Unit 25, 3-4.
17. Bucaram, S.M., An Improved Paraffin Inhibitor, Jour. Pet. Tech., Feb 1967, 150-156.
18. Annual Book of ASTM Standards, Petroleum Products Testing, 1987.